Determinación del tipo de desove y nivel de fecundidad del bagre rayado del Magdalena, *Pseudoplatystoma magdaleniatum* Buitrago-Suárez y Burr, 2007 (Siluriformes: Pimelodidae)

Determination of spawning characteristics and fecundity of the the Magdalena Catfish *Pseudoplatystoma magdaleniatum* Buitrago-Suárez y Burr, 2007 (Siluriformes: Pimelodidae)

John W. Arce-Zúñiga, Juan C. Alonso-González, Sandra Hernández-Barrero y Mauricio Valderrama-Barco

Resumen

El bagre rayado *Pseudoplatystoma magdaleniatum* (Siluriformes: Pimelodidae) es una especie endémica de la cuenca del río Magdalena y es la segunda especie en importancia comercial, razón por la cual es una especie objeto de manejo pesquero. Para contribuir a la toma de decisiones sobre medidas regulatorias de la especie, se evaluaron algunas de sus estrategias reproductivas, para lo cual se llevaron a cabo muestreos en cinco puntos de influencia tanto en el río Magdalena (cauce principal) como en sus tributarios principales: tres en el río Magdalena, uno en el rio Cauca y otro en el río San Jorge. Los muestreos se realizaron entre abril del 2012 y marzo del 2013. A las hembras sexualmente maduras (estadios III y IV), se les tomó el peso total y eviscerado y sus gónadas fueron retiradas y pesadas. Las muestras de ovarios se analizaron tanto macroscópica como microscópicamente. Con el empleo de los programas *Image J* e *Image tool* se logró determinar el diámetro promedio de los ovocitos maduros en segunda fase (0,7 mm). La fecundidad efectiva varió entre 900.000 y 1.062.000 ovocitos, siendo una especie de tipo semélpara.

Palabras clave. Especie amenazada. Recurso hidrobiológico. Protección. Reproducción. Regulación pesquera.

Abstract

The endemic catfish of the Magdalena River Basin *Pseudoplatystoma magdaleniatum* (Siluriformes: Pimelodidae) constitutes the second species in commercial importance and a target species for fishing management. To contribute to supports decision making on regulatory measures, it was evaluated their reproductive strategies in five points of influence on the basin: three in the Magdalena River, one in the Cauca River and one in the San Jorge River. Sampling was conducted since April 2012 to March 2013. Mature females (stages III and IV) were sampled (total and eviscerated weight) and gonads were removed and weighed. The ovarian samples were analyzed macroscopically and microscopically. By using the Image J and Image Tool Program it was determined the average diameter of mature oocytes in second phase 0.7 mm. The effective fecundity fluctuates between 900 000 and 1062 000 and the oocytes corresponds to a semelparous type.

Key words. Endangered species. Hydrobiological resources. Protection. Reproduction. Fishing regulation.

Introducción

Los peces son los vertebrados con la mayor diversidad de estrategias reproductivas (Sánchez 2012). En el bagre rayado *Pseudoplatystoma magdaleniatum* (Siluriformes: Pimelodidae) se manifiestan a través del dimorfismo sexual, de las migraciones reproductivas con temporalidad para el desove y con la formación de agregaciones para la freza, áreas de desove y zonas de crianza (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2013, Valderrama *et al.* 2011, Arce 2008, Jiménez-Segura *et al.* 2009). Los mecanismos reproductivos y las combinaciones con el hábitat, la fisiología y el comportamiento reproductivo son relevantes para determinar dichas estrategias, las cuales pueden requerir un gran número de huevos o poca cantidad de estos, lo que les garantiza la sobrevivencia de la especie (Saborido-Rey 2008). La presente investigación se centra en la identificación del tipo de desove y el nivel de fecundidad que presenta el bagre rayado para toda la cuenca del Magdalena, como parte de su diversidad estratégica reproductiva.

Pseudoplatystoma magdaleniatum es la segunda especie en importancia comercial en la cuenca del Magdalena, alcanzando a generar capturas del orden de las 1400 ton (Valderrama-Barco 2014), volumen que se soporta en un número determinado de individuos y que estructuran el tamaño del *stock* pesquero. Es aquí, donde las estrategias reproductivas del bagre entran a jugar un papel importante, como son el de mantener el *stock* pesquero y la población misma, tal que garanticen la sobrevivencia de la especie.

La migración reproductiva es una parte integral de la historia de vida de muchos peces teleósteos, donde ocurren cambios en el estado nutricional, las tasas de alimentación y la energía almacenada decrecen y se incrementa el desarrollo gonádico asociado (Sánchez 2012). El reparto óptimo de energía entre ellas, resulta de todo un proceso evolutivo que se conoce como fecundidad, el cual tiene un carácter adaptativo en relación a las estrategias vitales *r* (especies que desarrollan muchos huevos de tamaño pequeño, una puesta prolongada y pelágica y una mortalidad larvaria muy elevada) y *k* (especies con la generación de pocos huevos, de tamaño grande y con puestas cortas de tipo demersal o con cuidado parental) (Saborido-Rey 2008).

El proceso lógico de estas migraciones es que los adultos perciben un factor proximal que induce a dicho comportamiento. Habilidad que determina en parte el éxito del potencial reproductivo de una población en una región (Sánchez 2012) sin desmeritar la importancia que toma el tamaño de los ovocitos en los ovarios en un período reproductivo, ya que los grupos de distribución que se conformen determinarán la modalidad del desove (Inturias 2007). En ese sentido los ovarios pueden presentar un desarrollo sincrónico (distribución de tallas de los ovocitos de tipo unimodal), desarrollo que corresponde a las especies semelpáridas (Vazzoler 1996); un desarrollo sincrónico por grupos (dos grupos de tamaños de ovocitos presentes al mismo tiempo) y un desarrollo asincrónico (distribución de tallas de los ovocitos es continua) (Wallace y Selman 1981). De acuerdo con Agostinho *et al.* (2003) los peces migratorios presentan una alta fecundidad con ovocitos pequeños, desoves totales y larvas pequeñas. Sato *et al.* (2003) mencionan que las especies del género *Pseudoplatystoma* en el Brasil son reproductores sincrónicos del tipo iteróparo (varios ciclos reproductivos a lo largo de su vida).

El bagre rayado *P. magdaleniatum* es una especie reofílica que recorre grades distancias en grupos o cardúmenes (Atencio-García 2000, Guarnizo 2007) con comportamientos migratorios reproductivos durante el período hidrológico de aguas bajas en el río Magdalena (Valderrama y Zarate 1989). Durante la trayectoria aguas arriba, las hembras llevan a cabo los procesos de desarrollo gonadal iniciando con células germinales alcanzando el estado de ovocitos maduros y culminando con la puesta una vez se presentan las condiciones ideales para la freza. La distancia recorrida les garantiza la sobrevivencia a las crías, para lo cual se requiere que los huevos fertilizados alcancen el estado larval y encuentren las planicies inundables, que son las áreas de crianza y levante de la especie (Welcomme 1985, Jiménez-Segura 2007, Valderrama *et al.* 2011).

A nivel de fecundidad, para el bagre rayado solamente se cuenta con el trabajo de Jiménez-Segura *et al.* (2009), quienes estiman su fecundidad a partir de ejemplares capturados en el sector de Puerto Berrío (Magdalena

medio) para un intervalo de tallas de hembras entre 82 y 115 cm, reportando una fecundidad absoluta de 866.233 ± 602.052 y una fecundidad relativa de 493.753 ± 343.170 que por gramo equivale a 52 ± 29 huevos; así mismo indican que la clase de diámetro dominante de los ovocitos para el rango de tallas, está entre 0,91 y 1 mm.

A nivel del género *Pseudoplatystoma* se observan variabilidades en los registros de fecundidad. Para *P. corruscans* en la cuenca del río Amazonas se estima una fecundidad de hasta de 2.500.000 ovocitos por individuo (Agostinho *et al*. 2003). Para *P. fasciatum* en la cuenca del Amazonas boliviano la fecundidad puede variar de acuerdo con el río tributario y el tamaño del ejemplar; para el río Iténez, se calculó una fecundidad absoluta entre 107.855 (39,6 cm y 730 g) y 1.551.780 (70,8 cm y 5700 g) y para el río Mamoré entre 304.848 (85 cm y 6.900 g) y 2.272.407 (98 cm y 13.000 g) (Inturias 2007). Ramírez-Gil y Ajiaco-Martínez (2011a) indican que *P. orinocoense* en la cuenca del Orinoco presenta una fecundidad absoluta de 66.000 huevos/kg de peso y lo comparan con resultados de Venezuela en donde se habla de una fecundidad absoluta de 1.500.000 huevos, con diámetros promedio de 0,79 mm. *P. tigrinum* (actualmente *P. metaense*) en la cuenca del Orinoco venezolano puede presentar ovocitos con diámetros que fluctúan entre 0,47 y 0,79 mm y una fecundidad entre 782.268 y 3.420.556 de ovocitos, o de 295 ± 122 ovocitos/g (Pérez *et al.* 2012), mientras Ramírez-Gil y Ajiaco-Martínez (2011b) indican que para el alto Meta (Colombia), la especie presenta valores de fecundidad relativa de 152 ovocitos/g.

En este trabajo se presentan los resultados del estudio del comportamiento en el potencial reproductivo de *P. magdaleniatum* a nivel del río Magdalena y el río Cauca, el cual hizo parte del proyecto titulado "Estado de conservación de la población del bagre rayado *Pseudoplatystoma magdaleniatum* en la cuenca Magdalénica, valoración de implicaciones ambientales y socioeconómicas y definición de escenarios de ordenación pesquera y sostenibilidad", financiado por ECOPETROL y ejecutado por la Fundación Bosques y Humedales, la Fundación Humedales, la Autoridad de Acuicultura y Pesca AUNAP y la Universidad Sur Colombiana. Este documento indica el estadio gonadal predominante a lo largo del año, los tamaños de los ovocitos de acuerdo con el estadio gonadal así como el comportamiento de las frecuencias del diámetro en cada una de las gónadas, permitiendo establecer el tipo de desove como el nivel de fecundidad que alcanza el bagre rayado. Con esta información se pretende contribuir a la generación de conocimiento y brindar soporte en la toma de decisiones de las medidas de manejo basadas en los aspectos reproductivos de la especie.

Material y métodos

Área de estudio

Los individuos de *P. magdaleniatum* fueron colectados en los ríos Magdalena, Cauca y San Jorge. La cuenca (257.438 km^2) recorre toda la región andina de Colombia, abarcando el 22,5 % del territorio nacional, agrupando todos los ecosistemas de la región Andina y Caribe. Se caracteriza por estar conformada en gran proporción por la cobertura de aguas continentales, principalmente representadas por terrenos cubiertos por ciénagas, planos inundables, lagos y lagunas, y en menor medida por los cauces de los ríos, embalses, cuerpos de agua artificiales y canales, siendo unidades ecológicas que por su constitución se interconectan, permitiendo el desarrollo y sobrevivencia de las especies que viven o tienen relación con ella. Presenta una alta variabilidad de factores geológicos, físicos, químicos y climáticos a lo largo de ella, influyendo en la génesis del recurso hídrico, en la disponibilidad natural del agua y el ciclo hidrológico, del cual depende toda la vida acuática y terrestre (Otero *et al.* 2003)

Fase de campo

Se llevaron a cabo muestreos en cinco puntos de influencia sobre la cuenca, tres en el rio Magdalena correspondientes a la localidad de Neiva (cuenca alta) de la cual se pudieron muestrear 92 ejemplares, Barrancabermeja (cuenca media), 355 capturas y finalmente Magangué (cuenca baja) con un total de 356 bagres; de igual manera se llevó a cabo uno en el rio Cauca (cuenca baja) más exactamente en la localidad de Nechí del cual se pudieron hacer un total de 365 capturas y otro en el río San Jorge (cuenca baja) con 325 ejemplares capturados. Los muestreos

se realizaron entre abril del 2012 y marzo del 2013 en los puertos pesqueros de cada uno de los puntos de influencia. Los ejemplares se obtuvieron de las capturas de los pescadores locales (30 por mes y por localidad). A partir de estos, las hembras sexualmente maduras (estadios III y IV) clasificadas teniendo en cuenta la escala de madurez propuesta para las hembras de bagres en la Amazonia colombiana considerando: Nikolsky (1963), Arboleda (1989), Fonteles (1989), Castro y Santamaría (1993), Agudelo (1994), Salinas (1994), Gómez (1996), Vazzoler (1996), Agudelo *et al.* (2000), Alonso (2002) y Camacho (2006). Se registró el peso total y eviscerado (kg) y las gónadas les fueron retiradas y pesadas (g). Posteriormente se fijaron dos muestras de gónada (2-8 g); en paraformaldehído bufferado al 4 % y debidamente codificadas.

Fase de laboratorio

Una de las muestras de gónadas se empleó para el conteo directo de huevos. Para lo cual se extrajo de cada una, una porción de 0,5 g (balanza analítica), que fueron lavadas con suficiente agua para limpiarlas y separar completamente los ovocitos para facilitar el conteo. La otra muestra fue enviada al laboratorio de histología donde fueron procesadas aplicando la técnica de hematoxilina eosina generando una serie de placas para posterior trabajo en microscopio, con el fin de clasificar cada uno de los estadios gonadales.

Para medir el diámetro de los ovocitos se empleó el programa *Image J* tomando una pequeña muestra de 300 huevos repartidos en dos conteos. Como medida de control, se colocaron dos balines de diferente diámetro cada uno junto con los ovocitos a fotografiar, y cuyos valores permitieron ajustar el programa. Igualmente, a partir de las imágenes fotográficas de los cortes histológicos y con la ayuda del programa *Image tool* se contaron y midieron los diámetros de los ovocitos en cada uno de los estadios gonadales (previamente caracterizados).

Análisis de datos

El número de huevos resultantes del conteo se extrapoló al peso total de la gónada, es decir la fecundidad absoluta. De los resultados obtenidos de cada una de las muestras en las diferentes localidades se obtuvo un promedio permitiendo estipular la fecundidad absoluta predominante para la localidad como para el río al que pertenecen.

Para la estimación de la fecundidad efectiva (ovocitos aptos para ser fecundados), se trabajó tanto con los valores registrados en el conteo de los ovocitos maduros en placas histológicas y la cantidad de ovocitos totales, lo que permitió establecer la proporción numérica de los mismos en la gónada. Con el registro de los diámetros se realizó una distribución de frecuencia con el fin de determinar el número de grupos modales presentes y así establecer el tipo de desove del bagre.

Resultados

Se les extrajo la gónada a 1493 ejemplares. Para 227 hembras con huevos en estado III y IV, fueron evaluadas de acuerdo con el programa *image J*, logrando establecer la fecundidad de las muestras pertenecientes a la localidad de Neiva y Barrancabermeja, que hacen parte de la zona de influencia del río Magdalena y a las muestras de la localidad de Nechí (río Cauca), para un total de 16 muestras. Las demás localidades no registraron estadios óptimos para hallar el potencial reproductivo.

Con la información de los cortes histológicos y la medición de los diámetros de los ovocitos se clasificaron los estadios gonadales: estadio I: ovocitos nucléolo cromatina (ONC), los cuales se consideran los más inmaduros; estadio II: ovocitos perinucleolares (OP); estadio III: ovocitos alveolo cortical (AOC); y finalmente el estadío IV, al cual pertenecen los ovocitos con vitelogénesis lipídica o en el que ya se empiezan a considerar maduros. Para este estadio se establecieron tres etapas de maduración: la primera ovocitos con vitelogénesis inicial (OVI), ovocitos con vitelogénesis intermedia (OVIN), y finalmente los ovocitos o huevos que se consideran completamente maduros, ovocitos con vitelogénesis total (OVIT).

En Neiva tan solo un ejemplar cumplió con los requisitos óptimos de evaluación, con gónadas en estadío IV. Para esta hembra se determinó una fecundidad absoluta alrededor de 1.076.959 huevos y una fecundidad efectiva en 900.270 (Tabla 1). La gónada presentó tres estadios: el estadio I (ONC) con un diámetro de 0,15 mm; el II (OP) con ovocitos de diámetro de 0,27 mm y el estadio IV en vitelogénesis intermedia (OVIN) con ovocitos de diámetro de 0,71 mm (Tabla 2). La gráfica de las frecuencias del diámetro de los ovocitos reflejó una distribución unimodal (Figura 1).

En Barrancabermeja se obtuvieron 7 muestras cuya fecundidad absoluta varió entre 702.198 ovocitos y 1.710.261 para un promedio para la zona de 1.280.258 ovocitos y una efectiva de 909.913 (Tabla 1). Las gónadas de las hembras evaluadas registraron estadios I (ONC) con 0,075 mm de diámetro, estadios II (OP) con 0,24 mm, estadíos III (AOC) con 0,35 mm y estadios IV con 0,66 mm (Tabla 2). El comportamiento en la fluctuación del diámetro de los ovocitos mostro una distribución unimodal (Figura 2 y 3).

En Nechí se lograron analizar 8 muestras, la menor fecundidad registrada fue de 647.049 y la mayor de 1.691.217 ovocitos, para una fecundidad absoluta promedio de 1.100.706 ovocitos y una fecundidad efectiva promedio de 1.062.177 ovocitos (Tabla 3). De manera aleatoria se midieron los ovocitos de las gónadas del ejemplar NCH – 17, la cual registró el estadio I (ONC) con un diámetro de 0,08 mm y el estadio IV (OVIN) con ovocitos de 0,76 mm de diámetro (Tabla 4). Las frecuencias del diámetro de los ovocitos mostraron una distribución unimodal (Figura 4 y 5).

Como un caso especial y por mostrarse una incongruencia en cuanto a las características morfológicas con respecto al bagre rayado del Magdalena, se expone un espécimen capturado en Nechí y cuyo nivel de fecundidad absoluta con respecto al de las otras muestras analizadas fue mucho mayor siendo de 2.766.699 ovocitos (Tabla 3). La gónada registró los estadíos I (ONC) con diámetro de 0,14 mm y el estadio IV (OVIN) con 0,67 mm de diámetro (Tabla 4) (Figura 6). Este ejemplar, está siendo evaluado a través de estudios genéticos.

Tabla 1. Estimación de la fecundidad absoluta y efectiva del bagre rayado, *P. magdaleniatum* en las localidades de Neiva y Barrancabermeja (río Magdalena).

Mes	Localidad	Código	Peso total gónada (g)	Peso muestra gónada conservada (g)	Peso muestra gónada seca para conteo (g)	n de huevos	Fecundidad absoluta (n)	Fecundidad efectiva (n)
Marzo	Neiva	NEV- 87	820	8,2	0,434	570	1076959	900270
Mayo	Barrancabermeja	BJA – 45	674	2,9	0,2262	536	1597100	1490627
Mayo	Barrancabermeja	BJA - 49	426	2,8	0,3458	570	702198	628138
Agosto	Barrancabermeja	BJA - 142	1009	5,4	0,4725	494	1054912	0
Octubre	Barrancabermeja	BJA- 192	830	3,5	0,4942	795	1335188	1174045
Octubre	Barrancabermeja	BJA - 193	1006	2,4	0,4941	840	1710261	1160534
Marzo	Barrancabermeja	BJA - 345	760	2,0	0,4769	637	1015139	614289
Marzo	Barrancabermeja	BJA- 347	900	2,0	0,4084	702	1547013	1301755
						Mediana	1206074	1030402
						D. E.	348641	480797

Tabla 2. Diámetro de ovocitos correspondientes a cada estadio de maduración de los ejemplares de *P. magdaleniatum* en el río Magdalena.

Localidad	Código	Estadío I	Estadío II	Estadío III	Estadío IV		
		ONC	OP	OAC	OVI	OVIN	OVIT
Neiva	NEV - 87	0,15 ± 0,21	0,27 ± 0,12			0,71 ± 0,17	
Barrancabermeja	BJA - 192	0,09 ± 0,029		0,35 ± 0,060		0,66 ± 0,15	
Barrancabermeja	BJA - 345	0,06 ± 0,024	0,24± 0,13				
	Mediana	0,09	0,25			0,69	
	D. E.	0,05	0,02			0,04	

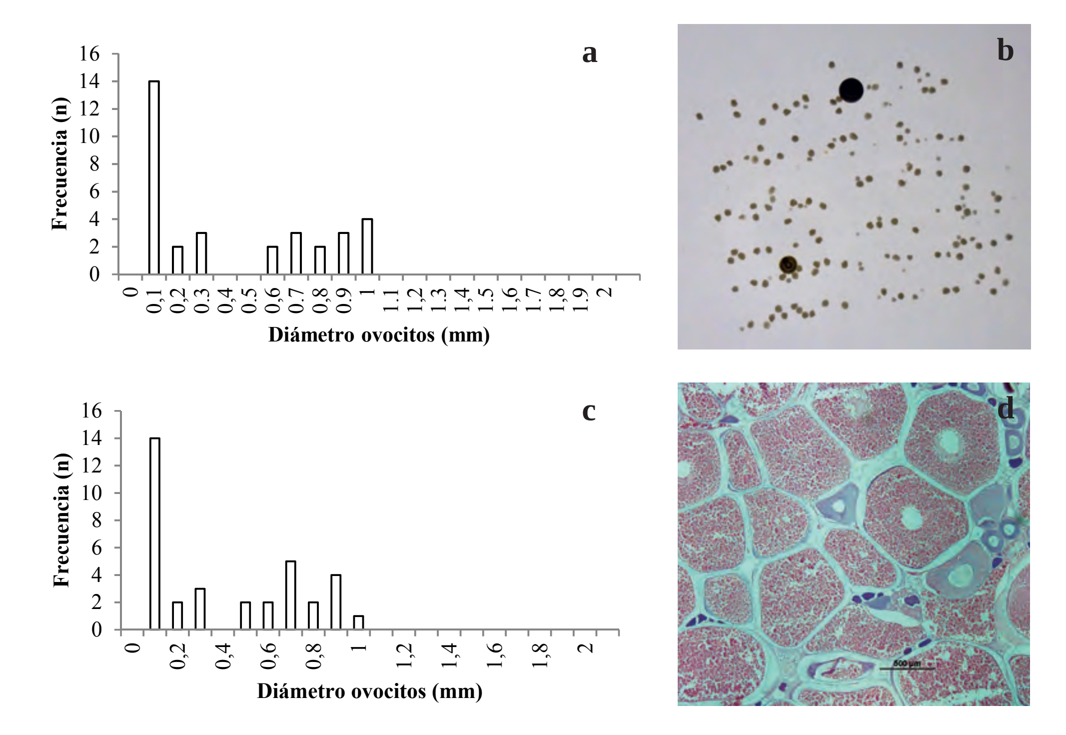


Figura 1. Ejemplar NEV - 87. a) Distribución de los diámetros de los ovocitos producto del conteo directo. b) Foto del conteo directo de los ovocitos. c) Distribución de los diámetros de los ovocitos realizados desde el corte histológico. d) Fotografía del corte histológico realizado a la muestra de gónada para determinar madurez de los ovocitos.

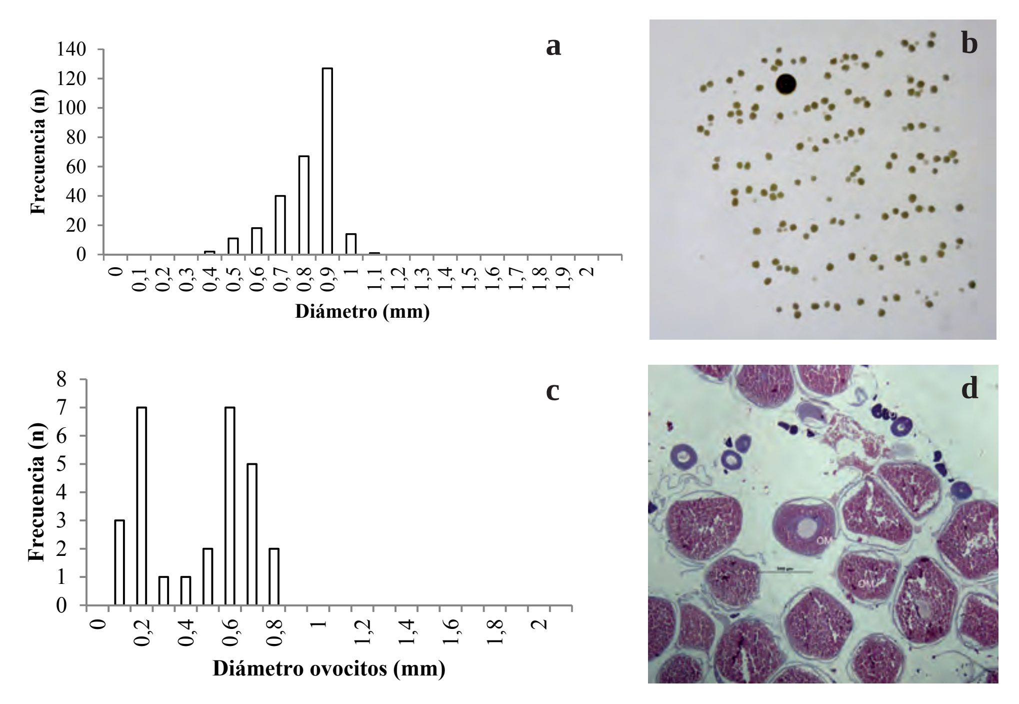


Figura 2. Ejemplar BJA– 51. a) Distribución de los diámetros de los ovocitos producto del conteo directo. b) Foto del conteo directo de los ovocitos. c) Distribución de los diámetros de los ovocitos realizados desde el corte histológico. d) Fotografía del corte histológico realizado a la muestra de gónada para determinar madurez de los ovocitos.

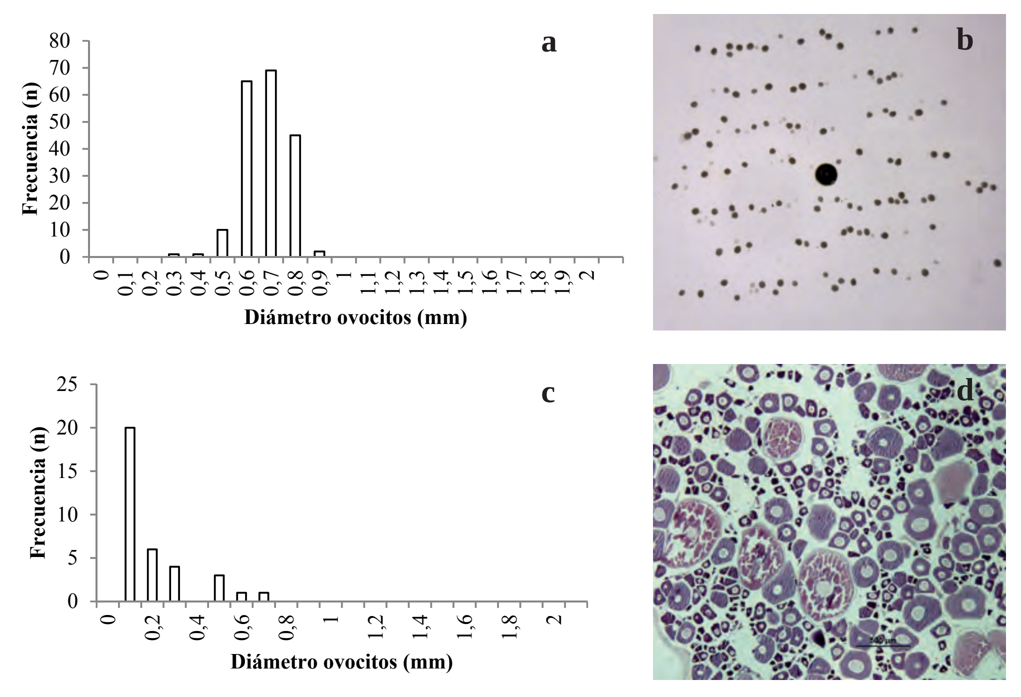


Figura 3. Ejemplar BJA– 345. a) Distribución de los diámetros de los ovocitos producto del conteo directo. b) Foto del conteo directo de los ovocitos. c) Distribución de los diámetros de los ovocitos realizados desde el corte histológico. d) Fotografía del corte histológico realizado a la muestra de gónada para determinar madurez de los ovocitos.

Tabla 3. Estimación de la fecundidad absoluta y efectiva del bagre rayado, *P. magdaleniatum* en la localidad de Nechí (río Cauca). * Ejemplar con duda en su identificación taxonómica (no se incluye en la mediana).

Mes	Localidad	Código	Peso total gónada (g)	Peso muestra gónada conservada (g)	Peso muestra gónada seca para conteo (g)	n de huevos	Fecundidad absoluta (n)	Fecundidad efectiva (n)
Abril	Nechí	NCH – 17	774	1	0,3707	720	1503318	1396700
Mayo	Nechí	NCH – 22	618	1	0,5609	750	826351	757258
Mayo	Nechí	NCH – 32	562	0,90	0,4627	595	722693	657936
Mayo	Nechí	NCH – 35	278	0,90	0,3609	840	647049	623376
Mayo	Nechí	NCH – 36	644	0,70	0,3638	480	849698	844700
Mayo	Nechí	NCH – 37	1046	0,80	0,3403	463	1423150	1362774
Mayo	Nechí	NCH – 43	764	0,69	0,2992	587	1498890	1354016
Agosto	Nechí	NCH–136	798	0,93	0,2883	611	1691217	1500657
Septiembre	Nechí*	NCH–152	2858	0,90	0,4132	400	2766699	
						Mediana	1136424	1099358
						D. E.	421628	373388

Tabla 4. Diámetro de ovocitos correspondientes a cada estadio de maduración de los ejemplares de *P. magdaleniatum* en el río Cauca. * Ejemplar con duda en su identificación taxonómica (no se incluye en la mediana).

Localidad	Código	Estadío I	Estadío II	Estadío III	Estadío IV		
		ONC	OP	OAC	OVI	OVIN	OVIT
NECHÍ	NCH - 17	0,08 ± 0,35				0,76 ± 0,34	
NECHÍ*	NCH - 152	0,14 ± 0,14				0,67 ± 0,19	

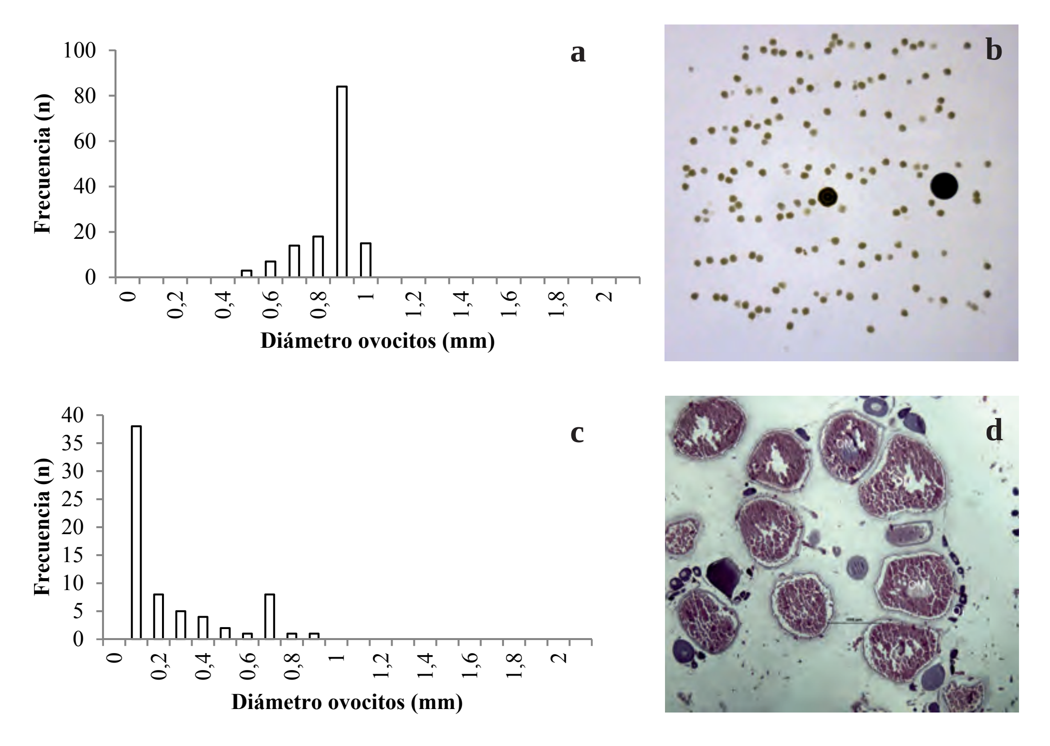


Figura 4. Ejemplar NCH – 17. a) Distribución de los diámetros de los ovocitos producto del conteo directo. b) Foto del conteo directo de los ovocitos. c). Distribución de los diámetros de los ovocitos realizados desde el corte histológico. d) Fotografía del corte histológico realizado a la muestra de gónada para determinar madurez de los ovocitos.

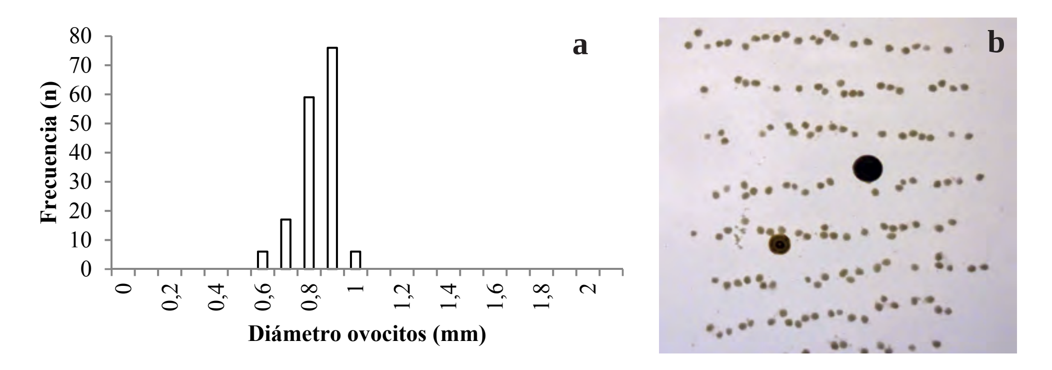


Figura 5. Ejemplar NCH – 35. a) Distribución de los diámetros de los ovocitos producto del conteo directo. b) Foto del conteo directo de los ovocitos.

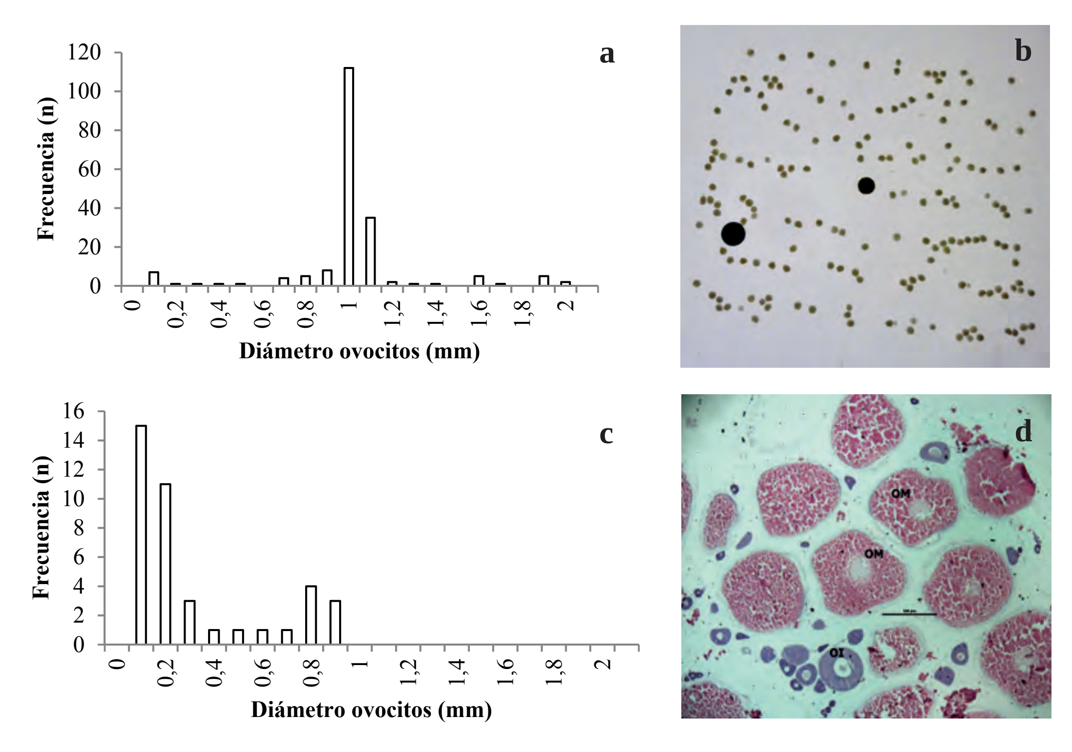


Figura 6. Ejemplar NCH – 152. Ejemplar con dudas de su clasificación taxonómica. a) Distribución de los diámetros de los ovocitos producto del conteo directo. b) Foto del conteo directo de los ovocitos. c) Distribución de los diámetros de los ovocitos realizados desde el corte histológico. d) Fotografía del corte histológico realizado a la muestra de gónada para determinar madurez de los ovocitos.

Discusión

Las gónadas que cumplieron los requisitos de evaluación (estadios IV), no presentaron ovarios con ovocitos en la fase tres de maduración, es decir ovocitos con vitelogénesis total (OVT) completamente maduros y listos a ser fecundados. Los ovocitos encontrados estaban en la segunda fase, en vitelogénesis intermedia (OVIN); fase que se caracteriza porque el núcleo aún se encuentra en la parte central, lo cual indica que falta un tiempo más para alcanzar su madurez óptima. Esta situación puede llegar a ser explicada con base en lo propuesto por Sánchez (2013) y Saborido-Rey (2008) quienes establecen que el proceso de desarrollo gonadal está relacionado más con factores exógenos (fotoperiodo, temperatura, presencia de adultos del sexo opuesto) que con los mismos endógenos (procesos fisiológicos que llevan a la vitelogénesis), ya que éstos tienen la capacidad de actuar sobre los endógenos, indicando que algunos peces pueden retener los ovocitos en cualquier nivel de vitelogénesis, incluido el final, por tiempo ilimitado hasta que un factor exógeno desencadena la maduración y ovulación.

El diámetro en el cual los ovocitos del bagre rayado son maduros se estima en 0,7 ± 0,04 mm, haciéndose hincapié en que este valor corresponde a la fase vitelogénesis intermedia del estadio IV, por tanto ovocitos mayores a este diámetro podrán ser considerados como aptos para la fertilización. La fecundidad absoluta del bagre rayado para el río Magdalena se establece en 1.206.074 ± 348.641 y una fecundidad efectiva de 1.030.402 ± 480.797. Para el río Cauca el diámetro de los ovocitos maduros correspondió a 0,76 ± 0,34 mm y una fecundidad absoluta de 1.136.424 ± 421.628 ovocitos y una fecundidad efectiva de 1.099.358 ± 373.388 (en ninguno de los casos se tuvo en cuenta el valor registrado en el ejemplar con el que se tienen dudas

si corresponde a la especie *P. magdaleniatum*). Al comparar los resultados con los reportados por Jiménez-Segura *et al.* (2009), se encontró que la fecundidad absoluta puede llegar a registrar valores mínimos de 264.181 ovocitos, mientras que en el presente estudio tanto para el río Cauca como para el río Magdalena los valores mínimos superaron los 700.000 ovocitos; a nivel de los valores máximos las diferencias no son significativas, 1.468.285 ovocitos (Jiménez-Segura *et al.* 2009) frente a 1.554.714 en el río Magdalena y 1.558.052 en el río Cauca (presente estudio). No obstante a nivel de la fecundidad relativa o efectiva, si se registran diferencias significativas, mientras que Segura *et al.* (2009), reportan un promedio de 493.757. En el presente estudio es un poco más del millón de ovocitos. Las variaciones en la fecundidad de una especie ha sido reportada por Saborido-Rey (2008) y cuya explicación podría dar respuesta a los resultados encontrados para *P. magdaleniatum*. El autor indica que: *hembras de la misma talla pueden diferir bastante en la fecundidad, incluso la misma hembra suele tener diferentes fecundidades parciales dentro de la misma época de puesta. La fecundidad real media a una talla determinada puede variar de año en año en una población o entre poblaciones de una misma especie. En el primer caso se puede considerar un índice de la condición de los peces, mientras que en el segundo caso es uno de los parámetros biológicos que se pueden tener en cuenta para identificar unidades de stock.*

Conclusiones

Al comparar la fecundidad absoluta de *P. magdaleniatum* con la de otras especies del genero *Pseudoplatystoma*, se encuentra que su congénere más afín es *P. orinocoense*, (829.818 – 1.500.000) (Inturias 2007), mientras que el ejemplar de Nechí en el que se generaron dudas sobre su identificación taxonómica, registró un fecundidad absoluta de 2.766.699 ovocitos, que se acerca más a la fecundidad reportada para *P. corruscans* (2.500.000 ovocitos) (Agostinho *et al.* 2003). Estas fecundidades se alejan bastante de las reportadas para *P. metaense* (superior a 3 millones) (Pérez *et al.* 2012). El factor que unifica al género *Pseudoplatystoma* es el tamaño del diámetro de sus ovocitos, que en la mayoría de los trabajos varía alrededor de 0,7 mm.

La cantidad de huevos estimados para *P. magdaleniatum* y el tamaño de los mismos, hace evidente la condición de que el bagre es una especie con estrategia *r* (alta fecundidad) y que Agostinho *et al.* (2003), establecieron como característico de las especies migratorias. Lo anterior, conllevaría a sugerir que las medidas de manejo que se hagan sobre la especie a partir de evaluaciones de dinámica poblacional necesariamente deben contemplar la estrategia reproductiva del bagre.

En relación al tipo de desove del bagre rayado se concluye que tanto para el río Magdalena como para el río Cauca este es de tipo sincrónico en un grupo (desoves totales) lo que catalogaría a la especie como semélpara. Sin embargo, el hecho de registrarse hembras en diferentes estados gonadales indicaría que las hembras no necesariamente se reproducen sincrónicamente existiendo varios pulsos reproductivos, que se reflejaron con la presencia de hembras en estado IV en los meses de marzo, mayo, agosto y octubre en el río Magdalena y abril, mayo, agosto y septiembre en el río Cauca.

Bibliografía

Agostinho, A. A., L. C. Gomes, H. I. Suzuki y H. Ferreira Julio Jr. 2003 Migratory fishes of the Upper Parana River Basin, Brazil. Pp: 19-75 *En*: Carolsfeld, J., B. Harvey, C. Ross y A. Baer (Eds.). Migratory fishes of South America: Biology, fisheries and conservation status. International Development Research Centre. The World Bank.

Arce, M. 2008. Evaluación del estado de poblaciones de bagre rayado *Pseudoplatystoma magdaleniatum* en la cuenca media del río magdalena durante la temporada de subienda del 2004. Pontifícia Universidad Católica do Sul. Museu de Ciencias e Tecnología. Laboratorio de Ictiología. Brasil. 2008. 10 pp.

Atencio-García, V. J. 2000. Impactos de la hidroeléctrica Urrá en los peces migratorios del río Sinú. *Revista Temas Agrarios* 5 (9): 29-40.

Guarnizo, M. 2007 Caracterización seminal y ensayos preliminares de crioconservación de semen de bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum* - Linnaeus 1766). Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Agropecuarias Departamento de Producción Animal. Palmira. 102 pp.

Inturias, A. D. 2007. Edad, crecimiento y reproducción de *Pseudoplatystoma fasciatum* y *Pseudoplatystoma*

tigrinum en la Amazonia boliviana. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas y Biomédicas. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas, Dirección de postgrado, La Paz, Bolivia. 88 pp.

Jiménez-Segura, L. F. 2007. Ictioplancton y reproducción de los peces en la cuenca media del río Magdalena (Sector Puerto Berrío, Antioquia). Tesis de Grado Doctoral. Universidad de Antioquia. 250 pp.

Jiménez-Segura, L. F., J. Palacio y R. López. 2009. Características biológicas del blanquillo *Sorubim cuspicaudus* Littmann, Burr y Nass 2000 y bagre rayado *Pseudoplatystoma magdaleniatum* Buitrago-Suárez y Burr 2007 (Siluriformes: Pimelodidae) relacionadas con su reproducción en la cuenca media del río Magdalena, Colombia. Universidad de Antioquia. Instituto de Biología. Medellín, Colombia. 2009. 14 pp.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2013. Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia: Peces. Volumen 2. Zapata, L. A. y J. S. Usma. Bogotá D. C., Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y WWF-Colombia. 486 pp.

Otero, E., L. Mosquera, G. Silva, J. C. Guzmán y S. Montes (Eds.). 2003. Río Grande de la Magdalena, Colección Ecológica del Banco de Occidente. 192 pp.

Pérez, A., O. Castillo, A. Barbarino y N. Fabré, 2012. Aspectos reproductivos del bagre rayado *Pseudoplatystoma tigrinum* (Siluriformes, Pimelodidae) en la Cuenca del río Apure, Venezuela. *Zootecnia Tropical* 30 (3): 251-262.

Ramírez-Gil, H. y R. E. Ajiaco-Martínez. 2011a. *Pseudoplatystoma orinocoense* (Siluriformes, Pimelodidae). Cap. 7. Pp: 503-508. *En:* Lasso, C. A., E. Agudelo Cordoba, L. F. Jimenez-Segura, H. Ramírez-Gil, M. Morales-Betancourt, R. E. Ajiaco-Martínez, F. de Paula Gutiérrez, J. S. Usma-Oviedo, S. E. Muñoz-Torres y A. I. Sanabria Ochoa (Eds.) 2011. I. Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, D. C. Colombia.

Ramírez-Gil, H. y R. E. Ajiaco-Martínez. 2011b. *Pseudoplatystoma metaense* (Siluriformes, Pimelodidae) Cap. 7. Pp: 497-502. *En:* Lasso, C. A., E. Agudelo Cordoba, L. F. Jimenez-Segura, H. Ramírez-Gil, M. Morales-Betancourt, R. E. Ajiaco-Martínez, F. de Paula Gutiérrez, J. S. Usma-Oviedo, S. E. Muñoz-Torres y A. I. Sanabria Ochoa (Eds.). 2011. I Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, D. C. Colombia.

Sato, Y. y H. P. Godinho. 2003. Migratory fishes of the Sao Francisco River. Chapter 5. Pp: 195-232. *En:* Carolsfeld, J., C. Bharvey y A. Ross (Eds.). Migratory Fishes of South America: Biology, Fisheries and Conservation Status. International Development Research Centre. The World Bank.

Saborido-Rey, F. 2008. Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. Digital CSIC Ed. Disponible en: http://hdl.handle.net/10261/7260. 71 pp.

Sánchez, R. 2012. Modelo de estrategias reproductivas en peces que forman agrupaciones de desove. Tesis de Grado Doctor en Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz. BCS. 348 pp.

Valderrama-Barco, M. 2014. Componente "Evaluación de captura y esfuerzo de la pesquería del bagre rayado (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*) en la cuenca de los ríos Magdalena y Cauca" Informe Técnico Convenio Fundación Humedales-Ecopetrol. Bogotá. 22 pp.

Valderrama-Barco M. y M. Zárate-Villarreal. 1989. Some ecological aspects and present state of the fishery of the Magdalena river basin, Columbia, South America. Proceedings of the International Large River Symposium. *Canadian Special Publication Fisheries Aquatic Sciences* 106: 409-421.

Valderrama-Barco, M., L. F. Jiménez- Segura, R. Alvarez-Leon, G. Gonzalez-Cañon, F. Salas-Guzmán, S. Hernández-Barrero y M. Zarate –Villareal. 2011. *Pseudoplatystoma magdaleniatum* (Siluriformes, Pimelodidae). Cap. 7. Pp: 491-496. *En:* Lasso, C. A., E. Agudelo Córdoba, L. F. Jimenez-Segura, H. Ramírez-Gil, M. Morales-Betancourt, R. E. Ajiaco-Martínez, F. de Paula Gutiérrez, J. S. Usma-Oviedo, S. E. Muñoz-Torres y A. I. Sanabria Ochoa (Eds.) 2011. I Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, D.C. Colombia.

Vazzoler, A. 1996. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e práctica. Nupelia. São Paulo. 169 pp.

Wallace, R. y K. Selman. 1981. Celular and dynamic aspects of the oocyte growth in teleost. *American Zoologist* 21: 325-343.

Welcomme, R. L. 1985. River fisheries. FAO Fisheries Technical Paper 262. 330 pp.

John W. Arce-Zúñiga
Fundación Humedales, Colombia
jwarce@gmail.com

Juan C. Alonso-González
Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca - AUNAP, Colombia
juancarlos.alonso@aunap.gov.co

Sandra Hernández-Barrero
Fundación Humedales, Colombia
sandrahe@fundacionhumedales.org

Mauricio Valderrama-Barco
Fundación Humedales, Colombia
mvalde@fundacionhumedales.org

Determinación del tipo de desove y nivel de fecundidad del bagre rayado del Magdalena, *Pseudoplatystoma magdaleniatum* Buitrago-Suárez y Burr, 2007 (Siluriformes: Pimelodidae)

Cítese como: Arce-Zúñiga, J. W., J. C. Alonso, S. Hernández-B., M. Valderrama-B. 2014. Determinación del tipo de desove y nivel de fecundidad del bagre rayado del Magdalena, *Pseudoplatystoma magdaleniatum* Buitrago-Suárez y Burr, 2007 (Siluriformes: Pimelodidae). *Biota Colombiana* 15 (Supl. 1): 70-82.

Recibido: 13 de mayo de 2014
Aprobado: 20 de diciembre de 2014